

**Vortex flow meter**

Veröffentlichungsnr. (Sek.) ☐ [US4716770](#)  
Veröffentlichungsdatum : 1988-01-05  
Erfinder : HERZOG MICHAEL (CH)  
Anmelder : FLOWTEC AG (CH)  
Veröffentlichungsnummer : ☐ [DE3544198](#)  
Aktenzeichen:  
(EPIDOS-INPADOC-normiert) US19860940581 19861211  
Prioritätsaktenzeichen:  
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19853544198 19851213  
Klassifikationssymbol (IPC) : G01F1/32  
Klassifikationssymbol (EC) : [G01F1/32D1](#), [G01P5/01](#)  
Korrespondierende Patentschriften CN1005221B, CN86108400, ☐ [EP0229933](#), [A3](#), [B1](#), JP1778903C,  
JP4067129B, ☐ [JP62215829](#)

---

**Bibliographische Daten**

---

A vortex flow meter for measuring the flow velocity of a fluid in a conduit includes a bluff body disposed in the flow passage of the conduit. The bluff body generates Kármán vortices whose recurrence frequency is characteristic of the flow velocity to be measured. In the bluff body a cavity is formed which via passages communicates with the flow passage of the conduit and in the cavity a capacitive vortex sensor is disposed which converts the vortex pressure fluctuations originating from the Kármán vortices to capacitance changes. The capacitive vortex sensor includes a first oscillating body in the form of a sensor sleeve which is deflectable by the vortex pressure fluctuations and an electrode holder which is disposed in the sensor sleeve and is formed as second oscillating body but is uncoupled from the vortex pressure fluctuations. The electrode holder carries at least one capacitor electrode which with an opposite electrode portion of the sensor sleeve forms a measured capacitance which varies on the deflections of the sensor sleeve relatively to the electrode holder caused by vortex pressure fluctuations. However, vibrations generated by external interfering influences cause similar deflections of the two oscillating bodies and thus do not result in any capacitance changes. The capacitive vortex sensor is thus insensitive to external vibrations and other interfering influences.

---

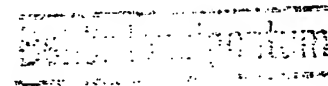
Daten aus der [esp@cenet](mailto:esp@cenet) Datenbank - - I2





DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 35 44 198.4  
22 Anmeldetag: 13. 12. 85  
43 Offenlegungstag: 19. 6. 87



DE 3544 198 A 1

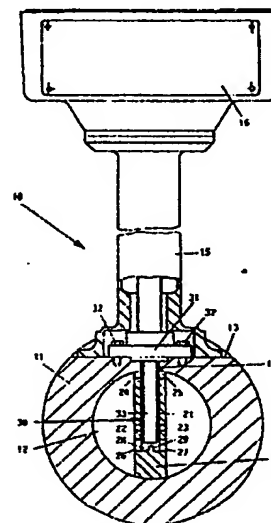
71 Anmelder:  
Flowtec AG, Reinach, Basel, CH

74 Vertreter:  
Prinz, E., Dipl.-Ing.; Leiser, G., Dipl.-Ing.;  
Schwepfinger, K., Dipl.-Ing.; Bunke, H., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Degwert, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000  
München

72 Erfinder:  
Herzog, Michael, Dipl.-El.-Ing., Witterswil, CH

54 Wirbelströmungsmesser

Ein Wirbelströmungsmesser zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Strömungsmediums in einer Rohrleitung enthält einen im Strömungskanal der Rohrleitung angeordneten Staukörper. An dem Staukörper entstehen Kármánsche Wirbel, deren Folgefrequenz für die zu messende Strömungsgeschwindigkeit kennzeichnend ist. Ein kapazitiver Wirbelsensor wandelt die von den Kármánschen Wirbeln stammenden Wirbel-Druckschwankungen in Kapazitätsänderungen um. Der kapazitive Wirbelsensor enthält einen ersten Schwingkörper, der durch die Wirbel-Druckschwankungen auslenkbar ist und einen Hohlraum aufweist, und einen im Hohlraum angeordneten Elektrodenhalter, der als zweiter Schwingkörper ausgebildet ist, der jedoch von den Wirbel-Druckschwankungen entkoppelt ist. Der erste Schwingkörper kann der Staukörper selbst sein, oder auch eine Sensorhülse, die in einem Hohlraum des Staukörpers angeordnet ist. Der Elektrodenhalter trägt wenigstens eine Kondensatorelektrode, die mit einem gegenüberliegenden Elektrodenabschnitt des ersten Schwingkörpers eine Meßkapazität bildet, die sich bei den durch Wirbel-Druckschwankungen relativ zum Elektrodenhalter verursachten Auslenkungen ändert. Dagegen verursachen Vibrationen, die durch äußere Störeinflüsse erzeugt werden, gleichartige Auslenkungen der beiden Schwingkörper, die somit keine Kapazitätsänderung ergeben. Der kapazitive Wirbelsensor ist somit unempfindlich gegenüber äußeren Vibrationen und anderen Störeinflüssen.



DE 3544 198 A 1

## Patentansprüche

1. Wirbelströmungsmesser zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Strömungsmediums in einer Rohrleitung, mit einem im Strömungskanal der Rohrleitung angeordneten Staukörper, der zur Erzeugung Kármán'scher Wirbel ausgebildet ist, einem Wirbelsensor, der auf die von den Kármán'schen Wirbeln erzeugten Druckschwankungen anspricht, wobei der Wirbelsensor einen ersten Schwingkörper aufweist, der mit dem Strömungsmedium derart gekoppelt ist, daß er durch die Wirbel-Druckschwankungen auslenkbar ist, sowie einen mechano-elektrischen Wandler, der die Auslenkungen des ersten Schwingkörpers in Änderungen einer elektrischen Größe umsetzt, und mit einer an den mechano-elektrischen Wandler angeschlossenen Auswerteschaltung, die aufgrund der Änderung der elektrischen Größe ein Signal erzeugt, das für die Frequenz der Wirbel-Druckschwankungen und damit für die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung kennzeichnend ist, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Schwingkörper einen Hohlraum aufweist, daß im Hohlraum des ersten Schwingkörpers ein Elektrodenhalter angeordnet ist, der wenigstens eine Kondensatorelektrode trägt, die einem Elektrodenabschnitt des ersten Schwingkörpers derart gegenüberliegt, daß sie mit diesem eine Meßkapazität bildet, die bei einer durch die Wirbel-Druckschwankungen verursachten Auslenkung des ersten Schwingkörpers veränderbar ist, daß der Elektrodenhalter als zweiter Schwingkörper ausgebildet ist, der ein ähnliches Schwingverhalten wie der erste Schwingkörper hat, aber von den Wirbel-Druckschwankungen entkoppelt ist, und daß die Auswerteschaltung eine mit der bzw. jeder Kondensatorelektrode verbundene Kapazitätsmeßschaltung enthält, die ein für die Änderungen der bzw. jeder Meßkapazität kennzeichnendes elektrisches Signal erzeugt.
2. Wirbelströmungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenhalter zwei Kondensatorelektroden trägt, die mit Elektrodenabschnitten des ersten Schwingkörpers zwei Meßkapazitäten bilden, die bei den durch die Wirbel-Druckschwankungen verursachten Auslenkungen des ersten Schwingkörpers gegensinnig veränderbar sind, und daß die Kapazitätsmeßschaltung so ausgebildet ist, daß sie ein für die Differenz der beiden Meßkapazitäten kennzeichnendes Signal erzeugt.
3. Wirbelströmungsmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Staukörper ein Hohlraum gebildet ist, der über Durchlässe mit dem Strömungskanal der Rohrleitung in Verbindung steht, und daß der erste Schwingkörper eine den Elektrodenhalter umgebende Sensorhülse ist, die in dem Hohlraum des Staukörpers angeordnet ist.
4. Wirbelströmungsmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorhülse am einen Ende so eingespannt ist, daß sie durch die Wirbel-Druckschwankungen in Biegeschwingungen versetzt wird.
5. Wirbelströmungsmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Schwingkörper durch den Staukörper gebildet ist, der einen

gegenüber dem Strömungskanal abgeschlossenen axialen Hohlraum aufweist, in welchem der Elektrodenhalter angeordnet ist.

6. Wirbelströmungsmesser nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Staukörper am einen Ende so eingespannt ist, daß er durch die Wirbel-Druckschwankungen in Biegeschwingungen versetzt wird.

7. Wirbelströmungsmesser nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenhalter als Biegeschwinger ausgebildet ist, der am einen Ende eingespannt ist, und daß die Kondensatorelektroden an einer vom eingespannten Ende entfernten Stelle des Elektrodenhalters angebracht sind.

8. Wirbelströmungsmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die bzw. jede Kondensatorelektrode durch ein abgeschirmtes Kabel mit der Kapazitätsmeßschaltung verbunden ist, daß die Kapazitätsmeßschaltung für jede Meßkapazität eine Umschaltanordnung enthält, welche die Meßkapazität mit einer vorgegebenen Umschaltfrequenz periodisch abwechselnd zur Aufladung an eine konstante Spannung legt und zur Entladung mit einem Speicherkondensator verbindet, dessen Kapazität groß gegen die Meßkapazität ist und dessen Klemmenspannung durch einen kontrollierten Entladestrom im wesentlichen auf einem konstanten Bezugspotential gehalten wird, wobei die Größe des Entladestroms der Meßkapazität proportional ist und den Meßwert darstellt, und daß eine weitere Umschaltanordnung vorgesehen ist, welche die Kabelabschirmung mit der Umschaltfrequenz periodisch abwechselnd an die konstante Spannung und an das Bezugspotential legt.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Wirbelströmungsmesser zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Strömungsmediums in einer Rohrleitung, mit einem im Strömungskanal der Rohrleitung angeordneten Staukörper, der zur Erzeugung Kármán'scher Wirbel ausgebildet ist, einem Wirbelsensor, der auf die von den Kármán'schen Wirbeln erzeugten Druckschwankungen anspricht, wobei der Wirbelsensor einen ersten Schwingkörper aufweist, der mit dem Strömungsmedium derart gekoppelt ist, daß er durch die Wirbel-Druckschwankungen auslenkbar ist, sowie einen mechano-elektrischen Wandler, der die Auslenkungen des ersten Schwingkörpers in Änderungen einer elektrischen Größe umsetzt, und mit einer an den mechano-elektrischen Wandler angeschlossenen Auswerteschaltung, die aufgrund der Änderung der elektrischen Größe ein Signal erzeugt, das für die Frequenz der Wirbel-Druckschwankungen und damit für die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung kennzeichnend ist.

Bei einem aus der EP-OS 01 10 321 bekannten Wirbelströmungsmesser dieser Art ist der Schwingkörper des Wirbelsensors eine flache Platte, die am Ende eines durch die Rohrleitungswand geführten zylindrischen Körpers angebracht ist und in einen im Staukörper gebildeten Hohlraum ragt, der über Durchlässe mit dem Strömungssignal in Verbindung steht. Die durch die Wirbel-Druckschwankungen erzeugten Auslenkung der Platte verursachen Verformungen des zylindrischen Körpers. Im Innern des zylindrischen Körpers ist ein piezoelektrischer Wandler angebracht, der die Verformungen

mungen des zylindrischen Körpers in elektrisch Signale umwandelt. Aus der EP-OS 01 00 931 ist es auch bekannt, den Staukörper selbst als den Schwingkörper des Wirbelsensors auszubilden, indem er am einen Ende so an der Rohrleitungswand eingespannt ist, daß er durch die Wirbel-Druckschwankungen in Biegeschwingungen versetzt wird. Der Staukörper weist in diesem Fall einen gegenüber dem Strömungskanal abgeschlossenen Hohlraum auf, in welchem ein piezoelektrischer Wandler angebracht ist, der die Verformungen des Staukörpers in elektrische Signale umwandelt.

Bei diesen bekannten Wirbelströmungsmessern besteht das Problem, daß der Schwingkörper nicht nur durch die Wirbel-Druckschwankungen ausgelenkt wird, sondern auch durch Vibrationen oder andere Kräfte, die durch äußere Störeinflüsse erzeugt werden und auf die Rohrleitung und den Wirbelströmungsmesser einwirken. Die hierdurch verursachten Verformungen werden durch den piezoelektrischen Wandler gleichfalls in elektrische Signale umgewandelt, die sich den von den Wirbel-Druckschwankungen verursachten Signalen überlagern und zu Verfälschungen des Meßergebnisses führen können. Zur Kompensation solcher Störeinflüsse ist es bei den bekannten Wirbelströmungsmessern vorgesehen, den zylindrischen Körper bzw. den Staukörper durch einen nach außen aus der Rohrleitungswand herausragenden Kompensationsabschnitt zu verlängern, in welchem ein zweiter piezoelektrischer Wandler angebracht ist, der die Verformungen des Kompensationsabschnitts in elektrische Signale umwandelt. Die von den Störeinflüssen stammenden Signalkomponenten sind in den Ausgangssignalen der beiden piezoelektrischen Wandler vorhanden, während die von den Wirbel-Druckschwankungen stammenden Signalkomponenten nur in den Ausgangssignalen des ersten piezoelektrischen Wandler vorhanden sind. Die Auswerteschaltung faßt die Ausgangssignale der beiden piezoelektrischen Wandler so zusammen, daß sich Signalkomponenten, die von Störeinflüssen stammen, gegenseitig aufheben, während die von den Wirbel-Druckschwankungen stammenden Signalkomponenten bestehen bleiben.

Diese bekannte Maßnahme zur Kompensation von Vibrationen und anderen Störkräften bei Wirbelströmungsmessern ergeben einen aufwendigen und platzraubenden Aufbau, weil der nach außen ragende Kompensationsabschnitt des Wirbelsensors von gleicher Größenordnung wie der nach innen in die Rohrleitung ragende Abschnitt ist und einen zweiten piezoelektrischen Wandler erfordert. Ferner können mit dieser bekannten Lösung nicht alle Störeinflüsse wirksam beseitigt werden. Die meisten vorkommenden Vibrationen verursachen eine translatorische Querverschiebung des Wirbelsensors, die eine gleichsinnige Verformung der beiden Wirbelsensorabschnitte zur Folge hat. Die Auswerteschaltung ist daher so ausgebildet, daß sich bei der Zusammenfassung der Ausgangssignale der beiden piezoelektrischen Wandler die von gleichsinnigen Verformungen verursachten Signalkomponenten gegenseitig aufheben. Dies hat zwangsläufig zur Folge, daß sich Signalkomponenten, die von gegensinnigen Verformungen der beiden Wirbelsensorabschnitte stammen, gegenseitig nicht aufheben, sondern addieren. Solche gegensinnigen Verformungen werden durch Störeinflüsse verursacht, die den Wirbelsensor um seine Einspannstelle zu drehen suchen. Schließlich ist wegen der Verwendung von zwei getrennten, an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Bedingungen arbeitenden

Wandlern in der Serienfertigung nicht einmal die Kompensation der gleichsinnigen Verformungen vollständig zu erreichen.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Wirbelströmungsmessers der eingangs angegebenen Art, der bei einfachem und platzsparendem Aufbau eine wirksame Kompensation aller Vibrationen und anderer Störeinflüsse ergibt, die Auslenkungen des Schwingkörpers verursachen.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der erste Schwingkörper einen Hohlraum aufweist, daß im Hohlraum des ersten Schwingkörpers ein Elektrodenhalter angeordnet ist, der wenigstens eine Kondensatorelektrode trägt, die einem Elektrodenabschnitt des ersten Schwingkörpers derart gegenüberliegt, daß sie mit diesem eine Meßkapazität bildet, die bei einer durch die Wirbel-Druckschwankungen verursachten Auslenkung des ersten Schwingkörpers veränderbar ist, daß der Elektrodenhalter als zweiter Schwingkörper ausgebildet ist, der ein ähnliches Schwingverhalten wie der erste Schwingkörper hat, aber von den Wirbel-Druckschwankungen entkoppelt ist, und daß die Auswerteschaltung eine mit der bzw. jeder Kondensatorelektrode verbundene Kapazitätsmeßschaltung enthält, die ein für die Änderungen der bzw. jeder Meßkapazität kennzeichnendes elektrisches Signal erzeugt.

Bei dem nach der Erfindung ausgebildeten Wirbelströmungsmesser ergibt sich die Kompensation der Vibrationen und sonstigen Störeinflüsse durch den mechanischen Aufbau des mechoelektrischen Wandlers, ohne daß ein zusätzlicher Kompensationsabschnitt mit einem eigenen mechano-elektrischen Wandler erforderlich ist. Der mechano-elektrische Wandler ist ein kapazitiver Sensor, der so ausgebildet ist, daß nur die von Wirbel-Druckschwankungen verursachten Auslenkungen des ersten Schwingkörpers relativ zu dem Elektrodenhalter erfolgen und somit zu Kapazitätsänderungen führen, während alle Vibrationen und anderen Störeinflüsse gleichsinnige und gleich große Auslenkungen der beiden Bestandteile des Wirbelsensors verursachen, die keine Kapazitätsänderungen zur Folge haben.

Die Erfindung eignet sich sowohl für den Fall, daß der Wirbelsensor in einem mit dem Strömungskanal in Verbindung stehenden Hohlraum eines feststehenden Staukörpers angeordnet ist, als auch für den Fall, daß der Staukörper selbst den ersten Schwingkörper des Wirbelsensors bildet.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die in der Zeichnung dargestellt sind. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine Schnittansicht einer ersten Ausführungsform des Wirbelströmungsmessers nach der Erfindung,

Fig. 2 eine Schnittansicht des Wirbelsensors des Wirbelströmungsmessers von Fig. 1,

Fig. 3 eine Stirnansicht des Elektrodenhalters des Wirbelsensors von Fig. 2,

Fig. 4 eine Kapazitätsmeßschaltung, die in Verbindung mit dem Wirbelströmungsmesser nach der Erfindung verwendbar ist,

Fig. 5 Zeitdiagramme zur Erläuterung der Funktionsweise der Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4 und

Fig. 6 eine Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform des Wirbelströmungsmessers nach der Erfindung.

Der in Fig. 1 der Zeichnung dargestellte Wirbelströmungsmesser 10 hat ein im Querschnitt dargestelltes Meßrohr 11, das in die Rohrleitung eingefügt wird; durch die das Strömungsmedium (Flüssigkeit, Gas) fließt, dessen Strömungsgeschwindigkeit gemessen werden soll. Das Strömungsmedium fließt also in der Darstellung von Fig. 1 senkrecht zur Zeichenebene durch den Strömungskanal 12 des Meßrohres 11. An der in Fig. 1 oben liegenden Seite des Meßrohres 11 ist eine Abflachung 13 gebildet, von der eine radiale Bohrung 14 in das Innere des Meßrohres geführt ist. Auf der Abflachung 13 ist eine rohrförmige Gehäusestütze 15 befestigt, die an dem dem Meßrohr 11 entgegengesetzten Ende ein Schaltungsgehäuse 16 trägt.

Im Innern des Meßrohres 11 ist ein Staukörper 20 angeordnet, der sich diametral über den ganzen Durchmesser des Strömungskanals 12 erstreckt und an beiden Enden fest mit der Wand des Meßrohres 11 verbunden ist. Der Staukörper 20 ist in einer bei Wirbelströmungsmessern bekannten Weise so ausgebildet, daß er in dem Strömungsmedium Kármán'sche Wirbel erzeugt. Der Staukörper 20 ist ein prismatischer Körper von gleichbleibendem Querschnitt, der beispielsweise die Form eines gleichschenkligen Dreiecks hat, dessen Grundlinie der Strömungsrichtung zugewandt ist. An dem Staukörper 20 entstehen zwei parallele Wirbelstraßen, wobei die Wirbel der einen Wirbelstraße gegen die Wirbel der anderen Wirbelstraße versetzt sind. Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit beruht darauf, daß der Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Wirbeln in jeder Wirbelstraße über einen großen Bereich von Strömungsgeschwindigkeiten nahezu konstant ist. Die Folgefrequenz der Kármán'schen Wirbel ist somit der Strömungsgeschwindigkeit proportional. Der Wirbelströmungsmesser ist daher so ausgebildet, daß er ein Signal liefert, das für die Folgefrequenz der Kármán'schen Wirbel kennzeichnend ist.

Zu diesem Zweck ist in dem Staukörper 20 ein axialer Hohlraum 21 ausgebildet, der sich von dem in Fig. 1 oben liegenden Ende des Staukörpers über den größten Teil von dessen Länge erstreckt. Der Staukörper 20 ist so im Meßrohr 11 montiert, daß der Hohlraum 21 coaxial zu der Bohrung 14 liegt. Der Hohlraum 21 ist vorzugsweise zylindrisch und hat den gleichen Innendurchmesser wie die Bohrung 14. Er steht mit dem Strömungskanal 12 des Meßrohres 11 über mehrere Durchlässe in Verbindung, die quer zur Strömungsrichtung durch den Staukörper 20 geführt sind und einander paarweise gegenüberliegen. Ein erstes Paar von Durchlässen 22, 23 liegt etwa auf der Höhe der Achse des Strömungskanals 12, also auf der halben Höhe des Staukörpers 20. Ein zweites Paar von Durchlässen 24, 25 liegt am oberen Ende des Staukörpers 20 unmittelbar an der Wand des Meßrohres 11. Ein drittes Paar von Durchlässen 26, 27 ist am unteren Ende des Hohlraums 21 auf der Höhe der den Hohlraum begrenzenden Stirnwand 28 angebracht. In der Mitte zwischen den beiden unteren Durchlässen 26 und 27 ist an der Stirnwand 28 eine Trennwand 29 geringer Höhe ausgebildet, die parallel zur Achse des Meßrohres 11 liegt.

Ein Wirbelsensor 30 ragt durch die Bohrung 14 in den Hohlraum 21, wo er sich fast bis zu der Trennwand 29 erstreckt. Der Wirbelsensor 30 wird von einem Flansch 31 getragen, der mittels Schrauben 32 auf der Abflachung 13 befestigt ist.

Der Wirbelsensor 30 ist in der Schnittansicht von Fig. 2 in näheren Einzelheiten dargestellt. Er besteht aus zwei Bauteilen. Das erste Bauteil ist eine rohrförmige

Sensorhülse 33, die am einen Ende mit dem Flansch 31 verbunden ist und an dem entgegengesetzten Ende durch eine Stirnwand 34 dicht verschlossen ist. Der Flansch 31 hat eine Mittelöffnung 35, die coaxial zu der Sensorhülse 33 liegt und deren Durchmesser gleich dem Innendurchmesser der Sensorhülse 33 ist. Ferner hat der Flansch 31 mehrere um den Umfang verteilte Bohrungen 36 für die Durchführung der Schrauben 32, mit denen er auf der Abflachung 13 (Fig. 1) befestigt wird. Die Sensorhülse 33 kann zusammen mit der Stirnwand 34 in einem Stück mit dem Flansch 31 aus dem gleichen Material geformt sein, beispielsweise aus Stahl.

Das zweite Bauteil des Wirbelsensors 30 ist ein Elektrodenhalter 40, der durch die Mittelöffnung 35 des Flansches 31 in das Innere der Sensorhülse 33 ragt. Der Elektrodenhalter 40 besteht aus einem Rohr 41, das mit einem zweiten Flansch 42 verbunden ist und vorzugsweise in einem Stück mit dem Flansch 42 hergestellt ist, beispielsweise gleichfalls aus Stahl. Der Flansch 42 ist mittels Schrauben 43 auf der Oberseite des Flansches 31 befestigt, so daß der Elektrodenhalter 40 durch die Mittelöffnung 35 in das Innere der Sensorhülse 33 ragt, wo er sich bis nahe zu der Stirnwand 34 erstreckt.

Das Rohr 41 des Elektrodenhalters 40 hat drei Abschnitte unterschiedlichen Durchmessers. Ein erster Abschnitt 41a, der in der Mittelöffnung 35 des Flansches 31 sitzt, hat einen Außendurchmesser, der gleich dem Durchmesser der Mittelöffnung 35 ist, wodurch ein fester Sitz und eine genaue Positionierung des Elektrodenhalters gewährleistet sind. Der Außendurchmesser eines zweiten Abschnitts 41b, der den größten Teil der Länge des Elektrodenhalters ausmacht, ist etwas kleiner als der Innendurchmesser der Sensorhülse 33, so daß rings um den Umfang ein schmaler ringförmiger Spalt zwischen dem Abschnitt 41b und der Sensorhülse 33 besteht. Der Endabschnitt 41c des Rohres 41 schließt sich über eine nach innen einspringende Schulter 44 an den mittleren Abschnitt 41b an und hat einen wesentlich kleineren Durchmesser. Dieser Endabschnitt 41c trägt eine Isolierhülse 45, deren Außendurchmesser etwas kleiner als der Außendurchmesser des mittleren Abschnitts 41b ist. Die Isolierhülse 45 kann beispielsweise aus Keramik bestehen. Auf der Isolierhülse 45 sind zwei Kondensatorelektroden 46 und 47 angebracht, die den größten Teil der Umfangsfläche und der unteren Stirnfläche der Isolierhülse 45 bedecken, aber an zwei einander diametral gegenüberliegenden Stellen durch Spalte 48, 49 mechanisch und elektrisch voneinander getrennt sind, wie die untere Stirnansicht von Fig. 3 zeigt. Die Kondensatorelektroden 46, 47 können durch eine auf die Isolierhülse 45 aufgebrachte Metallisierung oder aus aufgeklebten Metallfolien gebildet sein. Die Dicken der Isolierhülse 45 und der Kondensatorelektroden 46, 47 sind so bemessen, daß zwischen den Kondensatorelektroden 46, 47 und der Innenfläche der Sensorhülse 33 rings um den Umfang ein ringförmiger Spalt 50 von geringer Spaltbreite besteht.

Jede Kondensatorelektrode 46, 47 bildet mit dem gegenüberliegenden, als Gegenelektrode wirkenden Abschnitt der Isolierhülse 33 einen Kondensator, dessen Dielektrikum Luft ist. Die Kapazität jedes dieser Kondensatoren ist zu der Flächenausdehnung der Kondensatorelektrode proportional und zu der Spaltbreite zwischen der Kondensatorelektrode und der Sensorhülse umgekehrt proportional.

An den die untere Stirnfläche der Isolierhülse 45 bedeckenden Abschnitten der Kondensatorelektroden 46 und 47 sind die Innenleit r von zwei abgeschirmten

Kabeln 51, 52 angelötet, die durch das hohle Innere des Elektrodenhalters 40 und durch die rohrförmige Gehäuseseite 15 geführt sind und die Kondensatorelektroden 46, 47 mit der im Schaltungsgehäuse 16 untergebrachten elektronischen Auswerteschaltung des Wirbelströmungsmessers verbinden.

Wie Fig. 1 zeigt, ist der Außendurchmesser der Sensorhülse 33 des Wirbelsensors 30 etwas kleiner als der Innendurchmesser des Hohlraums 21 im Staukörper 20, so daß die Sensorhülse 33 allseitig im Abstand von der Wand des Hohlraums 21 liegt. Es besteht somit in dem Hohlraum 21 rings um die Sensorhülse 33 ein freier Raum, der über die Durchlässe 22 bis 27 mit dem Strömungsmedium gefüllt ist, das durch den Strömungskanal 12 des Meßrohres 11 fließt. Der Wirbelsensor 30 ist so in dem Staukörper 20 eingebaut, daß die Kondensatorelektroden 46, 47 symmetrisch in bezug auf die axiale Mittelebene liegen, die die Achsen des Meßrohres 11 und des Staukörpers 20 enthält und in Fig. 3 durch die Linie X-X angedeutet ist.

Der beschriebene Aufbau des Wirbelströmungsmessers 10 ergibt die folgende Funktionsweise:

Jeder der beiden Bestandteile des Wirbelsensors 30, nämlich die Sensorhülse 33 und der Elektrodenhalter 40, stellt einen langgestreckten Schwingkörper dar, der am einen Ende gehalten ist und dessen freies Ende durch die Einwirkung äußerer Kräfte aus der in Fig. 2 dargestellten Ruhestellung quer zu seiner Längsrichtung ausgelenkt werden kann.

Wenn durch das Meßrohr 11 ein Strömungsmedium fließt und sich die beiden Kármán'schen Wirbelstraßen am Staukörper 20 bilden, entstehen zu beiden Seiten des Staukörpers gegenphasige periodische Druckschwankungen, die durch die Durchlässe 22 und 23 in den Hohlraum 21 übertragen werden und auf die Sensorhülse 33 einwirken. Unter dem Einfluß der von diesen Wirbel-Druckschwankungen ausgeübten Kräfte wird die Sensorhülse 33 quer zu ihrer Längsrichtung und quer zur Strömungsrichtung abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen ausgelenkt. Da die Sensorhülse 33 am oberen Ende fest eingespannt ist, besteht die Auslenkung in einer Abbiegung, so daß die Sensorhülse unter der Einwirkung der Wirbel-Druckschwankungen Biegeschwingungen ausführt, deren Frequenz gleich der Frequenz der Druckschwankungen ist. Die Biegeschwingungseigenresonanzfrequenz der Sensorhülse 33 ist sehr viel höher als die höchste vorkommende Frequenz der Wirbel-Druckschwankungen, so daß die Biegeschwingungen der Sensorhülse 33 unterkritisch angeregt werden und nach Frequenz und Phase genau den Wirbel-Druckschwankungen folgen. Die Amplituden der Biegeschwingungen sind sehr klein, und die Bestandteile des Wirbelsensors 30 sind so ausgebildet und bemessen, daß die Sensorhülse 33 bei den größten vorkommenden Schwingungsamplituden weder an der Wand des Hohlraums 21 noch am Elektrodenhalter 40 anschlägt.

Die oberen Durchlässe 24, 25 und die unteren Durchlässe 26, 27 im Staukörper 20 erlauben eine freie Zirkulation des Strömungsmediums zwischen dem Hohlraum 21 und dem Strömungskanal 12, so daß das Strömungsmedium ungehindert den Biegeschwingungen der Sensorhülse 33 ausweichen und folgen kann. Die Trennwand 29 zwischen den unteren Durchlässen 26 und 27 verhindert einen direkten Druckausgleich um das untere Ende der Sensorhülse herum.

Der im Innern der dicht verschlossenen Sensorhülse 33 angeordnete Elektrodenhalter 40 steht mit dem Strömungsmedium nicht in Kontakt und ist daher von des-

sen Druckschwankungen vollständig entkoppelt. Der Elektrodenhalter 40 wird daher durch die Wirbel-Druckschwankungen nicht in Biegeschwingungen versetzt, sondern bleibt in Ruhe. Demzufolge bewegt sich das freie Ende der Sensorhülse 33 unter dem Einfluß der Wirbel-Druckschwankungen relativ zu dem feststehenden freien Ende des Elektrodenhalters, wie in Fig. 2 durch den Doppelpfeil *F* angedeutet ist. Bei dieser Relativbewegung verändert sich die Breite des Luftspalts 50 zwischen den Elektroden 46, 47 und der gegenüberliegenden Wand der Sensorhülse 33 gegensinnig: Wenn der Abstand zwischen der Sensorhülse 33 und der Elektrode 46 abnimmt, wird gleichzeitig der Abstand zwischen der Sensorhülse 33 und der Elektrode 47 größer, und umgekehrt. Demzufolge ändern sich auch die Kapazitätswerte der von den beiden Elektroden 46, 47 und der Sensorhülse 33 gebildeten Kondensatoren gegensinnig mit der Frequenz der Wirbel-Druckschwankungen. Die im Schaltungsgehäuse 16 untergebrachte elektronische Auswerteschaltung des Wirbelströmungsmessers kann daher aufgrund dieser Kapazitätsänderungen ein elektrisches Signal erzeugen, das für die Frequenz der Wirbel-Druckschwankungen und somit auch für die Strömungsgeschwindigkeit im Meßrohr 11 kennzeichnend ist.

Wenn dagegen auf das System äußere Kräfte einwirken, die über die Einspannstellen auf die beiden Schwingkörper, nämlich die Sensorhülse 33 und den Elektrodenhalter 40 übertragen werden, können die beiden Schwingkörper durch solche äußeren Kräfte gemeinsam in Biegeschwingungen versetzt werden. Solche äußeren Kräfte können insbesondere durch Vibrationen entstehen, die das Meßrohr und damit die Einspannstelle in eine translatorische Schwingbewegung in irgendeiner Achsrichtung versetzen oder auch die beiden Schwingkörper um ihre Einspannstellen zu drehen suchen. Durch solche äußeren Einflüsse werden die freien Enden der Sensorhülse 33 und des Elektrodenhalters 40 gleichsinnig ausgelenkt. Durch geeignete Ausbildung und Bemessung dieser beiden Teile kann erreicht werden, daß sich bei diesen gleichsinnigen Auslenkungen die Breite des Spaltes 50 zwischen den Kondensatorelektroden 46, 47 und der Sensorhülse 33 nicht merklich ändert. Solche äußeren Einflüsse verursachen daher keine Änderung der beiden Kapazitäten des Wirbelsensors. Wenn dagegen gleichzeitig mit solchen äußeren Einflüssen auch Wirbel-Druckschwankungen vorhanden sind, verursachen diese eine zusätzliche Auslenkung der Sensorhülse 33, die der gemeinsamen Auslenkung der beiden Schwingkörper überlagert ist und eine gegensinnige Änderung der beiden Kapazitäten zur Folge hat. Der beschriebene Wirbelsensor ist daher unempfindlich gegen Vibrationen in beliebigen Achsrichtungen oder ähnliche Störeinflüsse, er ermöglicht aber eine sichere Detektion der von Kármán'schen Wirbeln verursachten Druckschwankungen auch beim Vorhandensein solcher äußerer Störeinflüsse.

Die elektronische Auswerteschaltung ist vorzugsweise so ausgebildet, daß sie ein Signal erzeugt, das von der Differenz der beiden Kapazitäten des Wirbelsensors abhängt. Da sich die beiden Kapazitäten gegensinnig ändern, entspricht das Differenzsignal dem doppelten Wert der Kapazitätsänderung, während die gleich großen Grundkapazitäten aus dem Differenzsignal herausfallen. Dies ermöglicht einerseits eine sehr genaue und empfindliche Detektion der Kapazitätsänderungen und andererseits die Eliminierung des Einflusses weiterer Störgrößen, die die Funktion des Wirbelströmungsmes-



sers beeinträchtigen können. Dies gilt insbesondere für die Temperatur und den statischen Druck des Strömungsmediums. Der Wirbelströmungsmesser kann unter sehr verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnissen zum Einsatz kommen, und auch innerhalb des gleichen Einsatzgebietes können sich die Temperatur und der Druck des Strömungsmediums in weiten Bereichen ändern.

Temperaturänderungen wirken sich infolge der Wärmeausdehnungskoeffizienten der für die verschiedenen Bestandteile verwendeten Materialien auf die Abmessungen der Bestandteile des Wirbelsensors aus. Wenn die Bestandteile gleiche Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, ändern sich ihre Abmessungen im gleichen Verhältnis, so daß sich für die beiden Kapazitäten keine Änderungen ergeben. Bei unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Bestandteile haben unterschiedliche Längenänderungen der Sensorhülse und des Elektrodenhalters keinen Einfluß auf die beiden Kapazitäten. Unterschiedliche Durchmesseränderungen dieser Teile können zwar zu Änderungen der Grundkapazitäten führen, doch ist dies für die Signalauswertung ohne Bedeutung, weil die Grundkapazitäten bei der Bildung des Differenzsignals herausfallen; die allein erfaßte Kapazitätsdifferenz bleibt von temperaturbedingten Änderungen unbeeinflusst.

Änderungen des statischen Druckes des Strömungsmediums können den Querschnitt der Sensorhülse durch Verformung verändern. Dadurch ändert sich auch die Breite des Luftspalts 50 und somit der Wert der beiden Grundkapazitäten. Da sich wegen des symmetrischen Aufbaus eine solche Querschnittsänderung auf die gleiche Weise auf die beiden Grundkapazitäten auswirkt, hebt sie sich bei der Differenzbildung wieder auf, so daß das Differenzsignal von Änderungen des statischen Drucks nicht beeinflusst wird.

In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, daß das beschriebene Ausführungsbeispiel des Wirbelsensors wegen der zylindrischen Form der Sensorhülse eine besonders gute Druckfestigkeit aufweist und sich daher für Anwendungen eignet, bei denen hohe Drücke oder große Druckschwankungen auftreten.

Eine weitere Fehlerursache bei der Signalauswertung kann darin bestehen, daß sich die abgeschirmten Kabel 51 und 52, über welche die Kondensatorelektroden 46 und 47 mit der Auswerteschaltung verbunden sind, unter dem Einfluß von Vibrationen oder anderen Störeinflüssen relativ zu dem Elektrodenhalter bewegen, so daß von der Auswerteschaltung veränderliche Störkapazitäten erfaßt werden. Eine solche Relativbewegung der Kabel kann durch eine Fixierung verhindert werden, beispielsweise mittels einer Vergußmasse. Der Einfluß von Störkapazitäten kann jedoch auch durch eine aktive Schirmung des Kabels ausgeschaltet werden. Das Prinzip der aktiven Schirmung besteht bekanntlich darin, daß das Potential der Abschirmung stets dem Potential der Meßelektrode nachgeführt wird. Im oberen Bereich des Wirbelsensors ist eine solche aktive Schirmung zur Verringerung der statischen Kapazität und der Berührungsempfindlichkeit auf jeden Fall erforderlich.

Fig. 4 zeigt eine Kapazitätsmeßschaltung, die sich besonders gut als Eingangsstufe der elektronischen Auswerteschaltung des beschriebenen Wirbelströmungsmessers eignet. Diese Kapazitätsmeßschaltung ist nach dem aus der DE-OS 31 43 114 bekannten Prinzip der "geschalteten Kondensatoren" ("switched capacitors") ausgebildet. Sie ermöglicht eine sehr empfindliche und genaue Messung von Kapazitätsänderungen, auch wenn

diese sehr klein sind. Zusätzlich ist die Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4 so ausgebildet, daß sie auf sehr einfache Weise eine aktive Schirmung ermöglicht.

Fig. 4 zeigt die beiden Meßkapazitäten  $C_{M1}$  und  $C_{M2}$  des Wirbelsensors 30, wobei die Meßkapazität  $C_{M1}$  die Kapazität ist, die zwischen der an Masse liegenden Sensorhülse 33 und der über das abgeschirmte Kabel 51 mit der Auswerteschaltung verbundenen Kondensatorelektrode 46 besteht. In entsprechender Weise ist die Meßkapazität  $C_{M2}$  die Kapazität, die zwischen der an Masse liegenden Sensorhülse 33 und der über das abgeschirmte Kabel 52 mit der Auswerteschaltung verbundenen Kondensatorelektrode 47 besteht. Die Abschirmungen der beiden Kabel 51 und 52 sind durch gestrichelte Linien angedeutet.

Die Kapazitätsmeßschaltung enthält zwei völlig gleiche Schaltungszweige, die jeweils einer der beiden Meßkapazitäten zugeordnet sind. Der mit der Meßkapazität  $C_{M1}$  über das Kabel 51 verbundene Schaltungszweig enthält einen Umschalter  $S_1$ , der in der einen Stellung, die in Fig. 4 gezeigt ist, den Innenleiter des Kabels 51 mit einer Klemme KL verbindet, die gegen Masse eine konstante positive Gleichspannung  $+U$  führt, die beispielsweise die Betriebsspannung der Schaltung ist. In der anderen Stellung verbindet der Umschalter  $S_1$  die Meßkapazität  $C_{M1}$  mit einem Speicherkondensator  $C_{01}$ , dessen Kapazität sehr groß gegen die Meßkapazität  $C_{M1}$  ist. An die miteinander verbundenen Klemmen des Umschalters  $S_1$  und des Speicherkondensators  $C_{01}$  ist auch der invertierende Eingang eines Operationsverstärkers  $A_1$  angeschlossen, dessen nichtinvertierender Eingang an Masse liegt und dessen Rückkopplungskreis zwischen dem Ausgang und dem invertierenden Eingang einen Widerstand  $R_1$  enthält.

Der der Meßkapazität  $C_{M2}$  zugeordnete Schaltungszweig enthält in entsprechender Weise einen Umschalter  $S_2$ , einen Speicherkondensator  $C_{02}$  und einen Operationsverstärker  $A_2$  mit einem Rückkopplungswiderstand  $R_2$ .

Die Ausgänge der beiden Operationsverstärker  $A_1$  und  $A_2$  sind mit den beiden Eingängen eines Differenzverstärkers  $A_3$  verbunden.

Die beiden Umschalter  $S_1$  und  $S_2$  werden durch ein Steuersignal  $A$  betätigt, das an einem Ausgang eines Taktgebers  $CLK$  abgegeben wird. Der Taktgeber  $CLK$  gibt an einem zweiten Ausgang ein Steuersignal  $B$  ab, das einen Umschalter  $S_3$  betätigt, der die Abschirmungen der beiden Kabel 51 und 52 in der einen Stellung an die Spannung  $+U$  der Klemme  $KL$  und in der anderen Stellung an Masse legt.

Die Funktionsweise der Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4 soll anhand der Zeitdiagramme von Fig. 5 erläutert werden. Die Beschreibung des der Meßkapazität  $C_{M1}$  zugeordneten Schaltungszweigs gilt natürlich in gleicher Weise auch für den anderen Schaltungszweig.

Das Diagramm  $A$  zeigt den zeitlichen Verlauf des Steuersignals  $A$ , das die beiden Umschalter  $S_1$  und  $S_2$  betätigt. Das Steuersignal  $A$  nimmt periodisch abwechselnd zwei Zustände 0 oder 1 an, wobei angenommen wird, daß jeder Umschalter  $S_1$ ,  $S_2$  beim Wert 1 des Steuersignals  $A$  die in Fig. 4 gezeigte Stellung hat, in der er die zugeordnete Meßkapazität  $C_{M1}$ ,  $C_{M2}$  mit der Klemme  $KL$  verbindet während er beim Wert 0 des Steuersignals  $A$  die zugeordnete Meßkapazität von der Klemme  $KL$  abtrennt und dafür mit dem zugeordneten Speicherkondensator  $C_{01}$  bzw.  $C_{02}$  verbindet.

Das Diagramm  $U_{CM}$  von Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung an jeder Meßkapazität  $C_{M1}$ ,  $C_{M2}$



und somit auch die Spannung auf dem Innenleiter des zugeordneten Kabels 51 bzw. 52. Wenn man nur den ersten Schaltungszweig betrachtet, so wird in jeder Phase I, die dem Wert 1 des Steuersignals  $A$  entspricht, die Meßkapazität  $C_{M1}$  auf die Spannung  $+U$  aufgeladen. Die Aufladung erfolgt wegen der unvermeidlichen Zeitkonstante des Ladekreises nicht verzögerungsfrei, doch ist die Dauer der Phase I so groß bemessen, daß die Spannung  $U_{CM}$  an der Meßkapazität  $C_{M1}$  mit Sicherheit den vollen Wert  $+U$  erreicht.

In der Phase II, die dem Wert 0 des Steuersignals  $A$  entspricht, entlädt sich die Meßkapazität  $C_{M1}$  mit der entsprechenden Zeitkonstante in den Speicherkondensator  $C_0$ . Da die Kapazität des Speicherkondensators  $C_0$  sehr groß gegen die Meßkapazität  $C_{M1}$  ist, ist die Spannung an diesen beiden Kapazitäten nach dem Ladungsausgleich sehr klein gegen die Spannung  $+U$ . Die Dauer der Phase II, die vorzugsweise gleich der Dauer der Phase I ist, ist so groß bemessen, daß der vollständige Ladungsausgleich mit Sicherheit stattfinden kann.

In der folgenden Phase I wird die Meßkapazität  $C_{M1}$  wieder auf die Spannung  $+U$  aufgeladen, während die Ladung des Speicherkondensators  $C_0$  durch den als Strom-Spannungs-Wandler wirkenden Operationsverstärker  $A_1$  langsam abgeführt wird. Der Ladungsausgleich erfolgt durch einen Strom, der über den Widerstand  $R_1$  fließt und bewirkt, daß die Spannung am Speicherkondensator  $C_0$  im Mittel im wesentlichen auf dem Wert Null gehalten wird. Der über den Widerstand  $R_1$  fließende Strom ist gleich dem Mittelwert des Stroms, der vom der Meßkapazität  $C_{M1}$  entladen wird. Für die Aufrechterhaltung dieses Stroms nimmt die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers  $A_1$  einen Wert  $U_{C1}$  an, der der Meßkapazität  $C_{M1}$  exakt proportional ist.

In gleicher Weise nimmt die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers  $A_2$  des anderen Schaltungszweiges einen Wert  $U_{C2}$  an, der dem Wert der Meßkapazität  $C_{M2}$  exakt proportional ist.

Der Differenzverstärker  $A_3$  bildet die Differenz der beiden Spannungen  $U_{C1}$ ,  $U_{C2}$  und liefert am Ausgang eine Spannung  $U_D$ , die der Differenz zwischen den beiden Meßkapazitäten  $C_{M1}$ ,  $C_{M2}$  exakt proportional ist.

Wenn keine besonderen Maßnahmen getroffen werden, addiert sich die Kapazität jedes der beiden abgeschirmten Kabel 51, 52 zu der Meßkapazität, und Kapazitätsänderungen des Kabels wirken sich auf die Messung aus. Zur Ausschaltung des Einflusses der Kabelkapazitäten wird bei der Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4 eine aktive Schirmung angewendet, indem das Potential der Kabelabschirmung dem Potential auf dem abgeschirmten Innenleiter des Kabels nachgeführt wird. Nach dem Stand der Technik erfolgt eine solche aktive Schirmung dadurch, daß das Potential der abgeschirmten Leitung dauernd abgetastet und über einen Impedanzwandler an die Abschirmung gelegt wird. Im Gegensatz dazu erfolgt bei der Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4 die aktive Schirmung auf besonders einfache und wirksame Weise mit Hilfe des vom Steuersignal  $B$  betätigten Umschalters  $S_3$ , ohne daß eine Rückführung des Potentials der abgeschirmten Leitung notwendig ist.

Das Diagramm  $B$  von Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf des Steuersignals  $B$ , das mit der gleichen Folgefrequenz wie das Steuersignal  $A$  periodisch abwechselnd die Werte 0 und 1 annimmt. Das Diagramm  $U_K$  von Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung an den Abschirmungen der beiden Kabel 51 und 52. Wenn das Steuersignal  $B$  den Wert 1 annimmt, werden die beiden Kabelabschirmungen an die Spannung  $+U$  gelegt, und

die Spannung  $U_K$  erreicht den Spannungswert  $+U$  nach einer durch die Zeitkonstante bedingten Umladezeit  $T_K$ . Wenn das Steuersignal  $B$  den Wert 0 annimmt, werden die Kabelabschirmungen an Massepotential gelegt, und die Spannung  $U_K$  erreicht den Spannungswert 0 wieder nach der Umladezeit  $T_K$ .

Aus dem Diagramm von Fig. 5 ist folgendes zu erkennen: Wenn die Steuersignale  $A$  und  $B$  genau phasengleich sind, haben auch die Spannungen  $U_{CM}$  und  $U_K$  im wesentlichen den gleichen zeitlichen Verlauf. Damit ist die Bedingung der aktiven Schirmung erfüllt, daß das Potential der Abschirmung ständig dem Potential der abgeschirmten Elektrode folgt. In Fig. 5 sind aber die Steuersignale  $A$  und  $B$  absichtlich gegeneinander phasenverschoben dargestellt, um zu zeigen, daß es nicht auf die Einhaltung exakter zeitlicher Beziehungen ankommt. Es gibt dann zwar in jeder Phase II am Anfang einen Zeitabschnitt, in welchem sich die Meßkapazität  $C_{M1}$  bereits in den Speicherkondensator  $C_0$  entlädt, während an der Kabelabschirmung noch die Spannung  $+U$  anliegt, so daß sich die Abschirmkapazität auflädt und die entsprechende Ladung in den Speicherkondensator  $C_0$  fließt; wenn jedoch anschließend in der gleichen Phase II die Abschirmung an Masse gelegt wird, während der abgeschirmte Leiter noch mit dem Speicherkondensator  $C_0$  verbunden ist, fließt die gleiche Ladung wieder vom Speicherkondensator  $C_0$  in die Abschirmkapazität zurück. Diese Ladungsverschiebungen heben sich also im Mittel gegenseitig auf, so daß auf dem Speicherkondensator  $C_0$  effektiv nur die zu erfassende Ladung der Meßkapazität  $C_{M1}$  verbleibt, die allein für den Strom über den Widerstand  $R_1$  und damit für die Spannung  $U_{C1}$  am Ausgang des Operationsverstärkers  $A_1$  maßgeblich ist.

Die Anforderungen an die zeitliche Lage des Steuersignals  $B$  in bezug auf das Steuersignal  $A$  sind also unkritisch. Es sind nur die zeitlichen Bedingungen einzuhalten, daß die Abschirmspannung  $U_K$  vor dem Beginn jeder Phase II den Spannungswert  $+U$  und vor dem Beginn jeder Phase I den Spannungswert 0 erreicht haben muß. Unter Berücksichtigung der Umladezeit  $T_K$  bedeutet dies, daß das Steuersignal  $B$  spätestens um die Zeitspanne  $T_K$  vor dem Beginn jeder Phase II auf den Wert 1 und spätestens um die Zeitspanne  $T_K$  vor dem Beginn jeder Phase I auf den Wert 0 gebracht sein muß. Daraus ergeben sich die im Diagramm  $B'$  dargestellten zeitlichen Bedingungen: Das Steuersignal  $B$  kann in den kreuzschraffierten Bereichen beliebige Werte haben und muß nur in den mit "1" bzw. "0" markierten Bereichen der Dauer  $T_K$  den angegebenen Signalwert haben.

Die Umschalter  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  sind in Fig. 4 nur der Deutlichkeit wegen als mechanische Schalter dargestellt. In Wirklichkeit handelt es sich hierbei natürlich um sehr schnelle elektronische Schalter, beispielsweise MOS-Feldeffekttransistoren. Da solche elektronischen Schalter nicht als Umschalter, sondern als einfache Ein-Aus-Schalter wirken, muß jeder Umschalter von Fig. 4 durch zwei derartige elektronische Schalter ersetzt werden, die durch das betreffende Steuersignal gegenphasig angesteuert werden. Um sicherzustellen, daß nicht die beiden elektronischen Schalter gleichzeitig geöffnet sind, kann es dann zweckmäßig sein, zwischen die aufeinanderfolgenden Schaltphasen jeweils kurze Intervalle einzufügen, in denen die beiden elektronischen Schalter, die zusammen einen Umschalter bilden, gleichzeitig gesperrt sind.

Der Umschalter  $S_3$  kann auch durch einen Schwellenwert-Komparator ersetzt werden, der das Steuersignal

A empfängt und an seinem Ausgang, je nach dem Wert seines Eingangssignals, entweder die Spannung  $+U$  oder die Spannung 0 abgibt. Dadurch ergibt sich eine weitere Vereinfachung der Schaltung.

In Fig. 6 ist eine andere Ausführungsform des Wirbelströmungsmessers dargestellt, die sich insbesondere für kleine Strömungsquerschnitte eignet, bei denen der Staukörper so kleine Abmessungen hat, daß es schwierig ist, einen vollständigen Wirbelsensor der in Fig. 2 gezeigten Art in einem Hohlraum des Staukörpers unterzubringen. Soweit die Bestandteile des Wirbelströmungsmessers von Fig. 6 den Bestandteilen der zuvor beschriebenen Ausführungsform entsprechen, sind sie mit den gleichen, jedoch um 100 erhöhten Bezugszeichen bezeichnet.

Der Wirbelströmungsmesser von Fig. 6 weist demzufolge ein Meßrohr 111 mit einem Strömungskanal 112, einer Abflachung 113, einer von der Abflachung 113 in das Innere des Meßrohres führenden radialen Bohrung 114 und einer auf der Abflachung 113 befestigten Gehäusestütze 115 auf. Diametral durch den Strömungskanal 112 erstreckt sich wieder ein Staukörper 120, der aber, im Gegensatz zu dem Staukörper 20 der Ausführungsform von Fig. 1, nur am oberen Ende fest mit der Wand des Meßrohres 111 verbunden ist, während das untere Ende des Staukörpers 120 nicht befestigt ist und in geringem Abstand von der Umfangswand des Strömungskanals 112 liegt. Der im Innern des Staukörpers 120 gebildete Hohlraum 121 ist völlig gegen den Strömungskanal 112 abgeschlossen, also nicht mit Durchlässen versehen. In dem Hohlraum 121 ist ein Elektrodenhalter 140 angeordnet, der den gleichen Aufbau wie der Elektrodenhalter 140 von Fig. 2 haben kann. Der Elektrodenhalter 140 ist mittels seines Flansches 142 auf der Abflachung 113 befestigt und ragt durch die radiale Bohrung 114 in den Hohlraum 121 des Staukörpers 120. Bei dieser Ausführungsform übernimmt der Staukörper 120 die Rolle der Sensorhülse 33 von Fig. 2; er bildet also den Schwingkörper, der durch die von den Karman'schen Wirbeln verursachten Druckschwankungen quer zu seiner Längsrichtung ausgelenkt wird. Die Kondensatorelektroden 146 und 147 bilden mit den gegenüberliegenden Wandabschnitten des Staukörpers 120 die Meßkapazitäten, die sich bei der Auslenkung des Staukörpers 120 unter dem Einfluß der Wirbel-Druckschwankungen gegensinnig ändern. Die Kondensatorelektroden 146 und 147 sind in der zuvor geschilderten Weise über abgeschirmte Kabel 151 bzw. 152 mit der elektronischen Auswerteschaltung verbunden.

Diese Ausführungsform des Wirbelströmungsmessers ergibt einen kompakten Aufbau, sie weist jedoch im übrigen alle Eigenschaften der zuvor beschriebenen Ausführungsform auf. Insbesondere werden die Auswirkungen von Vibrationen oder anderen Störeinflüssen in der zuvor geschilderten Weise vollständig kompensiert, weil sie zu gleichlaufenden Auslenkungen des Staukörpers 120 und des Elektrodenhalters 140 führen, bei dem sich die Meßkapazitäten nicht ändern. Es besteht auch die gleiche Unempfindlichkeit gegenüber Temperatur- und Druckänderungen. Die Signalauswertung kann in der gleichen Weise wie bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel erfolgen, beispielsweise durch Verwendung der Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4 mit der beschriebenen aktiven Schirmung.

Bei dem zuvor beschriebenen Wirbelströmungsmesser bilden die beiden relativ zueinander verstellbaren Bestandteile des Wirbelsensors, also beim Ausführungsbeispiel von Fig. 2 die Sensorhülse 33 und der Elektro-

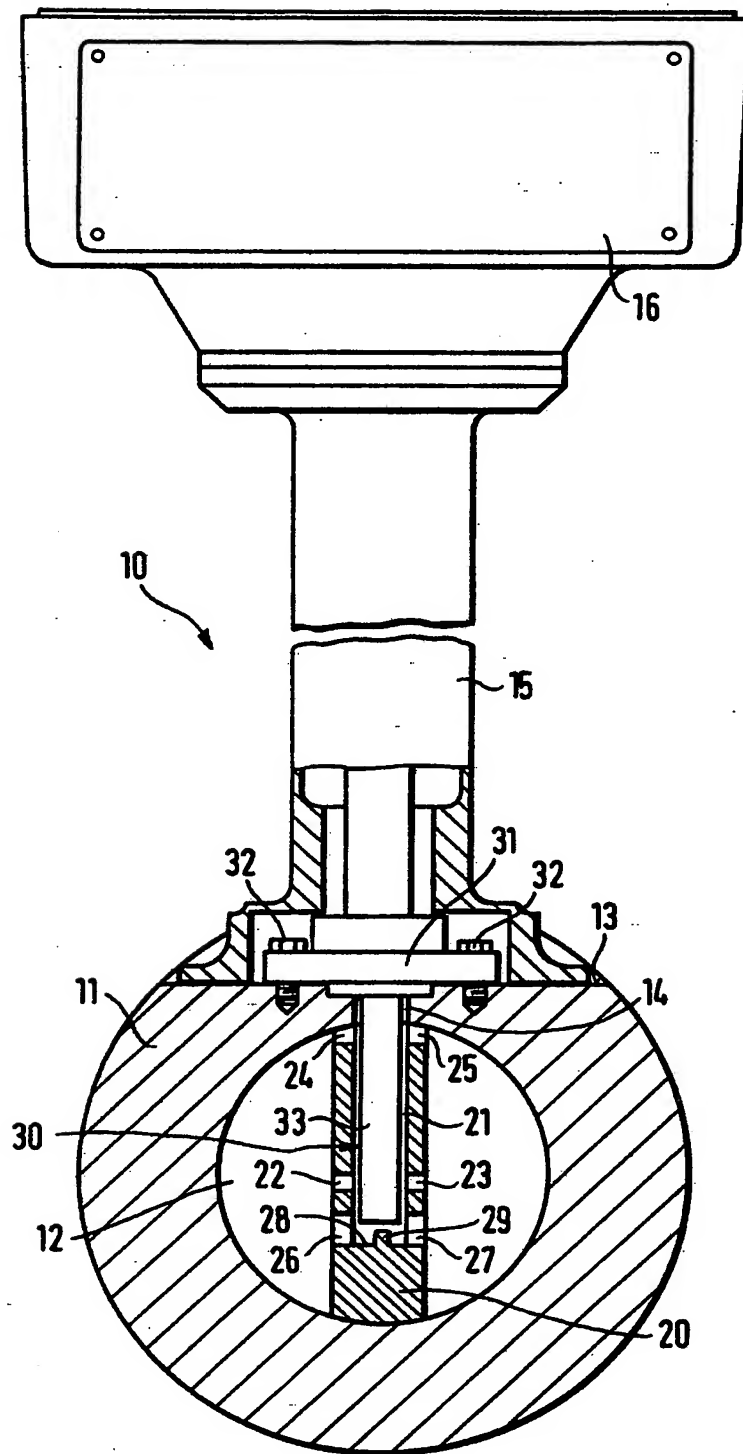
denhalter 34, und beim Ausführungsbeispiel von Fig. 6 der Staukörper 120 und der Elektrodenhalter 134, einen als mechano-elektrischen Wandler wirkenden kapazitiven Sens r, der relativ Verstellungen zwischen den beiden Bestandteilen in Kapazitätsänderungen umsetzt. Die Bildung von zwei gegensinnig veränderbaren Meßkapazitäten mit Hilfe von zwei Kondensatorelektroden ergibt dabei den Vorteil, daß die Kapazitätsmeßschaltung ein mittelwertfreies Differenzsignal bilden kann, das nur die Kapazitätsänderungen darstellt. Diese Maßnahme ist aber keineswegs zwingend; die Messung der Frequenz der Wirbel-Druckschwankungen ist auch dann möglich, wenn der Elektrodenhalter nur eine Kondensatorelektrode trägt und somit nur eine Meßkapazität vorhanden ist. In diesem Fall entfällt einfach der zweite Schaltungszweig der Kapazitätsmeßschaltung von Fig. 4, und die Information über die Strömungsgeschwindigkeit ist in den Änderungen der Ausgangsspannung des verbliebenen Schaltungszweigs enthalten. Die beschriebene Kompensation von Vibrationen und anderen Störeinflüssen tritt auch in diesem Fall in vollem Umfang ein.

Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anm Idetag:  
Off nlegungstag:

35 44 198  
G 01 P 5/01  
13. Dezemb r 1985  
19. Juni 1987

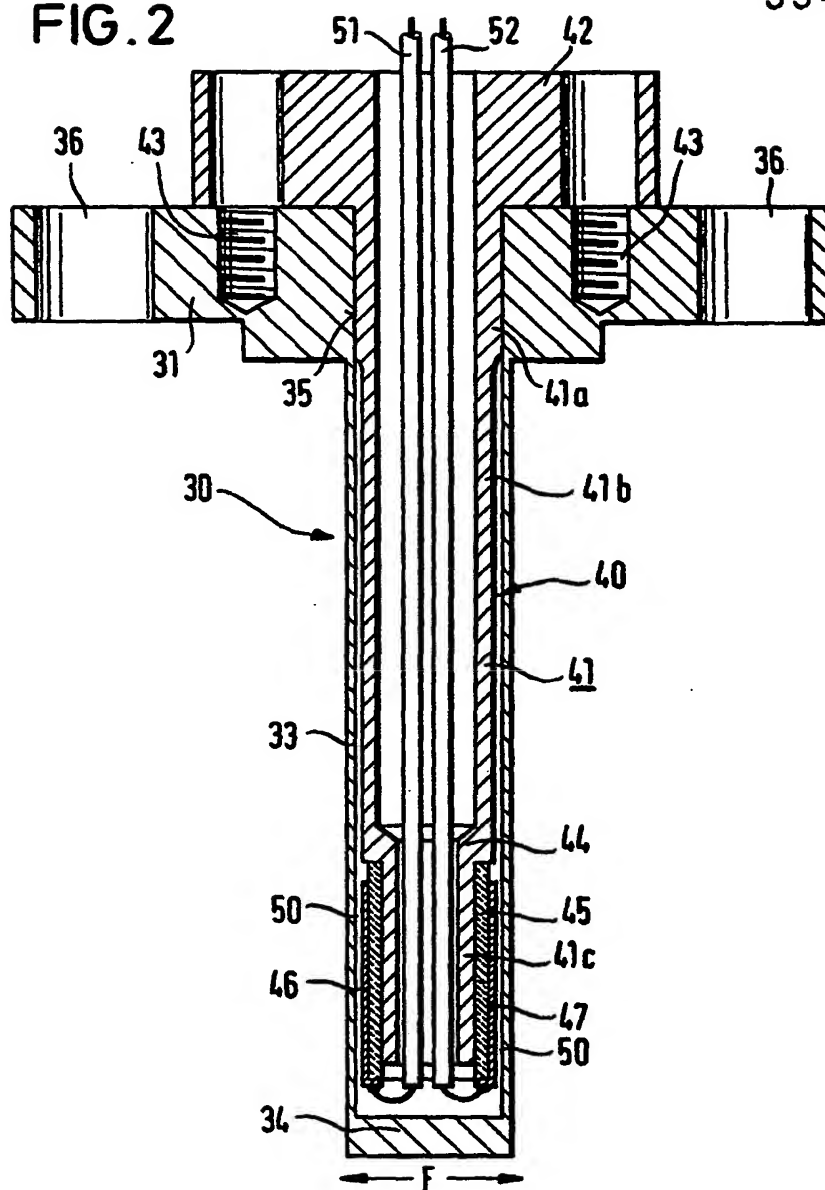
FIG. 1

3544198

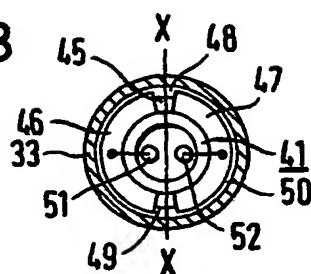


3544198

FIG. 2



**FIG.3**



30.01.88

NACHGEREICHT

3544198

FIG. 4

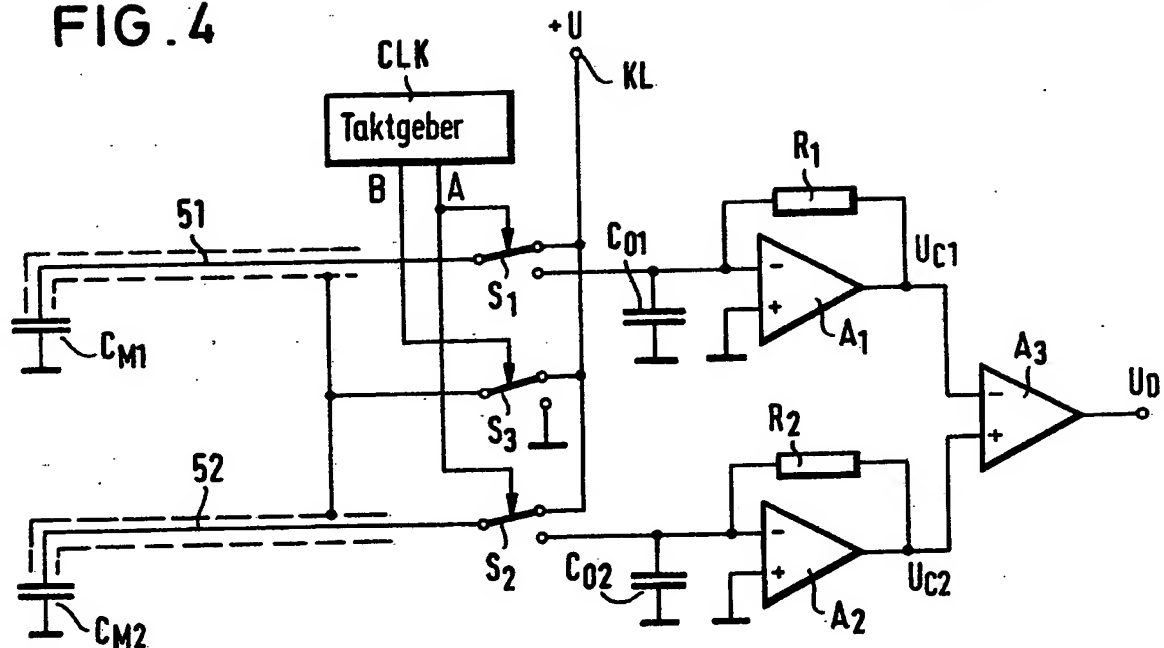


FIG. 5

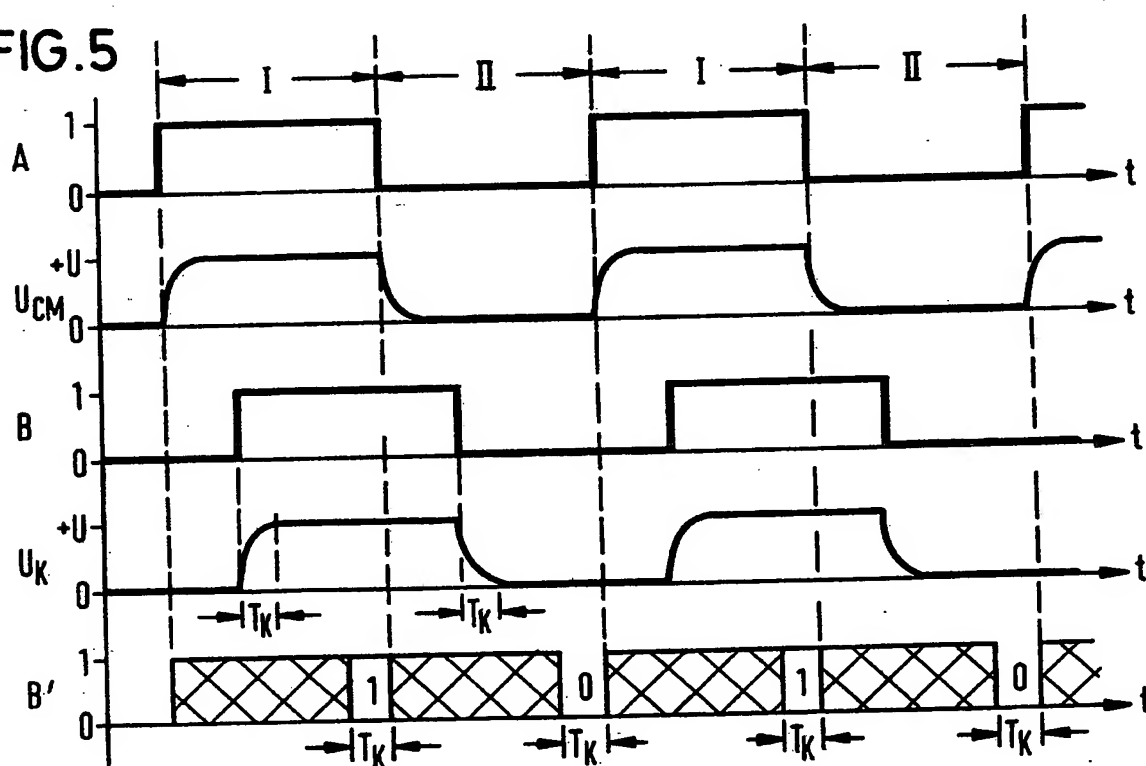


FIG. 6

